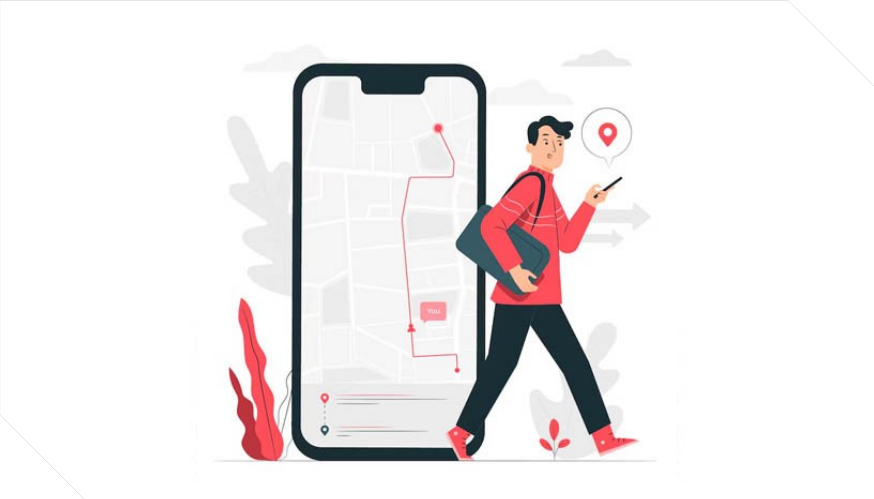
بحث عن
نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)

المادة : .....



عمل الطالب

.....

الصف : .....

مقدمة

لقد أصبح **نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)** جزءًا لا يتجزأ من حياتنا اليومية، لدرجة أن قليلين منا يتوقفون ليتأملوا مـدى تعقيـد هـذه التكنولوجيا الـتي أحـدثت ثـورة في طريقـة تنقلنـا، استكشـافنا، وحـتى إدارة أعمالنا. فمن مجرد العثور على أقصر طريـق إلى وجهـة مـا، إلى تتبع الشحنات العالمية، وقياس تحركات الصفائح التكتونية، يُقدم نظـام GPS قدرات لا حدود لها في تحديد المواقـع بدقـة عاليـة في أي مكـان على سـطح الأرض أو بـالقرب منـه، في أي وقت، وبغض النظـر عن الظروف الجوية.

نشأ هذا النظام كمشروع عسكري سري تابع لوزارة الـدفاع الأمريكيـة في السبعينيات، بهدف توفير معلومات دقيقة عن المواقع للجيش. ومع مرور الوقت، تم فتح استخدامه للمدنيين، مما أطلق العنان لموجة غير مسـبوقة من الابتكـارات في قطاعـات النقـل، الزراعـة، الاسـتجابة للطوارئ، والعديد من المجالات الأخرى.

هيكل ومبدأ عمل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)

لفهم كيفيـة عمـل نظـام GPS، يجب تفكيكـه إلى مكوناتـه الأساسـية ومبدأ التشغيل الذي يربط بينها.

1. هيكل نظام GPS: يتكون نظام GPS من ثلاثة قطاعات رئيسـية تعمل بتناغم لتقديم خدمة تحديد المواقع:

القطاع الفضائي (Space Segment):

- يتألف هذا القطاع من كوكبة من **الأقمار الصناعية** الـتي تـدور حول الأرض. حاليًا، يتكون النظـام الأمـريكي (NAVSTAR GPS) من 31 قمرًا صناعيًا (أكـثر من الحـد الأدنى المطلـوب وهـو 24) موزعة في ستة مستويات مدارية مختلفة.
- كل قمر صناعي يُكمـل دورتين كـاملتين حـول الأرض في حـوالي 12 ساعة.

- تقوم الأقمار الصناعية ببث إشارات راديوية مُشـفرة تحتـوي على معلومات دقيقة حول موقع القمر الصناعي نفسه (بيانات التقويم الفلكي - Ephemeris Data) وتوقيت الإشارة (بيانات الساعة - Clock Data).
- كل قمر صناعي مزود بساعات ذرية عالية الدقـة لضـمان تـزامن الإشارات.

القطاع التحكمي (Control Segment):

- يُعد هذا القطاع بمثابة "العقل المدبر" للنظام، وهو المسؤول عن مراقبة وتشغيل الأقمار الصناعية والتأكد من دقتها.
- يتكـون من شـبكة عالميـة من **محطات المراقبـة الأرضـية (Monitoring Stations)** الموزعة حول العالم (مثل هـاواي، كولورادو سبرينغز، أسنشن، دييغو غارسيا، كواجالين).
- تقـوم هـذه المحطـات بمراقبـة إشـارات الأقمـار الصـناعية، تتبـع مساراتها المدارية، وتحديد أي انحرافات في ساعاتها الذرية.
- تُرسـل هـذه البيانـات إلى **المحطـة الرئيسـية للتحكم (Master Control Station - MCS)** في كولورادو سبرينغز بالولايـات المتحـدة الأمريكيـة، حيث يتم تحليلهـا وحسـاب التصحيحات اللازمة.
- تُرسل التصحيحات والتحديثات المداريـة مـرة أخـرى إلى الأقمـار الصـناعية عـبر **محطـات الهـوائي الأرضـية (Ground Antennas)**، لضمان دقة الإشارات التي تُبثها الأقمار.

القطاع المستخدم (User Segment):

- يتكـون هـذا القطـاع من جميـع أنـواع **أجهـزة اسـتقبال GPS (GPS Receivers)** التي يستخدمها الأفراد والمؤسسات.
- تتراوح هذه الأجهزة من مسـتقبلات بسـيطة في الهواتـف الذكيـة والساعات الذكية إلى أجهزة متخصصة وعالية الدقة تُستخدم في المسح الجيوديسي والطيران.

- تستقبل هذه الأجهزة الإشارات الراديوية من الأقمار الصناعية، تُعالجها، وتُحوّلها إلى معلومات تُحدد الموقع (خط الطول، خط العرض، الارتفاع) والسرعة والوقت.

2. مبدأ عمل GPS (التثليث الفضائي - Trilateration):

يعتمد مبدأ عمل GPS على طريقة تُعرف باسم "التثليث الفضائي" أو "تثليث المسافة"، وليس التثليث الزاوي (Triangulation) كما يُعتقد أحيانًا:

1. **قياس المسافة:** يُرسل كل قمر صناعي إشارة راديوية تتضمن وقته الدقيق. جهاز الاستقبال GPS على الأرض يستقبل هذه الإشارة ويُسجل وقت وصولها.
2. **حساب زمن الانتقال:** يقوم الجهاز بحساب الزمن الذي استغرقته الإشارة للانتقال من القمر الصناعي إلى جهاز الاستقبال عن طريق طرح وقت الإرسال من وقت الاستقبال.
3. **تقدير المسافة:** نظرًا لأن الإشارات الراديوية تنتقل بسرعة الضوء، يُمكن لجهاز الاستقبال تقدير المسافة بينه وبين القمر الصناعي بضرب زمن الانتقال في سرعة الضوء.
4. **تحديد الموقع (3 أقمار كحد أدنى):**

- إذا كان جهاز الاستقبال يعرف المسافة إلى قمر صناعي واحد، فإنه يعلم أنه يقع في أي نقطة على سطح كرة وهمية مركزها القمر الصناعي ونصف قطرها هو المسافة المحسوبة.
- مع قمر صناعي ثانٍ، تُصبح النقطة المحتملة للموقع هي تقاطع كرتين، مما يُشكل دائرة.
- مع قمر صناعي ثالث، تتقاطع الكرات الثلاث في نقطتين (واحدة على الأرض وأخرى في الفضاء، تُهمل الأخيرة). هذه النقطة هي موقع جهاز الاستقبال بدقة ثنائية الأبعاد (خط الطول وخط العرض).
- **أهمية القمر الرابع:** لتقدير الارتفاع وتصحيح الأخطاء الناتجة عن عدم دقة ساعة جهاز الاستقبال (التي تكون أقل دقة من الساعات الذرية في الأقمار الصناعية)، يحتاج جهاز الاستقبال إلى إشارة من قمر صناعي رابع على الأقل. يسمح القمر الرابع بتصحيح خطأ

توقيت جهاز الاستقبال وحساب الموقع ثلاثي الأبعاد (خط الطول، خط العرض، الارتفاع).

5. **المزامنة والتصحيح:** تتميز ساعات الأقمار الصناعية بالدقة المتناهية، بينما ساعات أجهزة الاستقبال أقل دقة. يحسب جهاز الاستقبال فارق التوقيت بين ساعته وساعات الأقمار الصناعية، ويُستخدم هذا الفارق كمعامل تصحيح في معادلات تحديد الموقع.

تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)

لقد وسّع نظام GPS من قدراتنا في تحديد المواقع بشكل لم يسبق له مثيل، مما أدى إلى ظهور عدد هائل من التطبيقات في مختلف القطاعات.

<u>التطبيقات المدنية</u>:

- **الملاحة والنقل:**

- **أنظمة الملاحة في السيارات:** تُوفر توجيهات صوتية وبصرية للسائقين للوصول إلى وجهاتهم، وتُقدم معلومات عن حالة المرور والطرق البديلة.
- **تطبيقات الهواتف الذكية:** تُستخدم لتحديد المواقع الحالية، البحث عن الأماكن، التخطيط للمسارات (قيادة، مشي، دراجات، نقل عام).
- **الملاحة البحرية والجوية:** تُستخدم في السفن والطائرات لتحديد المواقع بدقة، تخطيط المسارات، وتجنب المخاطر.
- **إدارة الأساطيل:** تتبع المركبات والشاحنات والحافلات لتحسين الكفاءة اللوجستية وتتبع الشحنات.

- **الزراعة الدقيقة:** توجيه الجرارات والمعدات الزراعية ذاتيًا لزراعة المحاصيل ورش الأسمدة والمبيدات بدقة، مما يُقلل من الهدر ويزيد الإنتاجية. تحديد مواقع المحاصيل التي تحتاج إلى عناية خاصة أو معالجة.

- **الاستجابة للطوارئ والإنقاذ:** تحديد مواقع المتصلين بخدمات الطوارئ (911/112) لإرسال المساعدة بسرعة. توجيه فرق الإنقاذ

في المناطق الوعرة أو في الكوارث الطبيعية. تحديد مواقع الأفراد المفقودين باستخدام أجهزة GPS شخصية.

- **الترفيه والرياضة:**

- **المشي لمسافات طويلة والجري:** تُستخدم أجهزة GPS اليدوية للملاحة في الطبيعة وتحديد المسارات.
- **تتبع اللياقة البدنية:** تُستخدم في الساعات الذكية والهواتف لتتبع المسافة المقطوعة، السرعة، والسعرات الحرارية.
- **رياضات المغامرة:** مثل تسلق الجبال وركوب الدراجات الجبلية.

- **المسح والخرائط:** تحديد نقاط المسح الأرضي بدقة عالية جدًا لإنشاء خرائط تفصيلية، قياس المساحات، وتخطيط المشاريع الهندسية. جمع البيانات الجغرافية لنظم المعلومات الجغرافية (GIS).
- **البحث العلمي:** مراقبة حركة الصفائح التكتونية والتشوهات الأرضية (الجيوديسيا). تتبع الحيوانات البرية المهاجرة ودراسة سلوكها. مراقبة مستويات سطح البحر وتغيرات المناخ.

2. التطبيقات العسكرية والأمنية:

- **الملاحة الدقيقة للقوات:** توجيه الجنود والمركبات والطائرات والسفن في أي مكان بالعالم.
- **توجيه الأسلحة الذكية:** توجيه الصواريخ والقنابل الموجهة بدقة عالية نحو أهدافها.
- **المراقبة والاستطلاع:** تتبع تحركات العدو وجمع المعلومات الاستخباراتية.
- **عمليات البحث والإنقاذ العسكرية.**
- **التوقيت الدقيق:** تزامن الأنظمة العسكرية وشبكات الاتصالات.

دقة نظام GPS والتحديات المستقبلية

على الرغم من التقدم الهائل الذي حققه نظام GPS، إلا أنه يواجه بعض التحديات وهناك سعي دائم لتحسين دقته وموثوقيته.

1. <u>عوامل تؤثر على دقة</u> GPS:

- **تـأثير الغلاف الجـوي (Atmospheric Effects):** تتباطـأ إشارات GPS عند مرورها عـبر الأيونوسـفير (طبقـة الغلاف الجـوي المتأينـة) والتروبوسـفير، ممـا يُسـبب أخطـاء في قيـاس المسـافة. تُستخدم نماذج رياضية لتصحيح هذه الأخطـاء، لكنهـا لا تكـون دقيقـة 100%.
- **تعدد المسارات (Multipath):** عنـدما ترتـد إشـارات GPS عن الأسطح الكبيرة (مثل المباني الشاهقة أو الجبال) قبـل وصـولها إلى جهـاز الاسـتقبال، فـإن ذلـك يُسـبب وصـول إشـارات متعـددة وفي أوقات مختلفة، مما يُؤدي إلى أخطاء في تحديد الموقع.
- **عدد الأقمار الصناعية المتاحة (Number of Satellites):** كلما زاد عدد الأقمار الصناعية التي يستقبلها الجهاز (مع توزيـع جيـد لها في السماء)، زادت دقة تحديد الموقع.
- **هندسـة الأقمـار الصـناعية (Satellite Geometry - DOP):** تُشير إلى توزيع الأقمار الصناعية في السماء بالنسبة لجهاز الاستقبال. التوزيع الجيد (الأقمـار منتشـرة في السـماء) يُعطي دقـة أعلى من التوزيع السيئ (الأقمار متجمعة في مكان واحد).
- **الأخطاء المتعمدة (Selective Availability - SA):** كانت وزارة الـدفاع الأمريكيـة في الماضـي تُـدخل أخطـاء متعمـدة على الإشارات المدنية لتقليل دقتهـا لأغـراض أمنيـة، لكن هـذه السياسـة أُلغيت عام 2000.
- **التـداخل والتشـويش (Interference and Jamming):** يمكن أن تُشوش الإشـارات الراديويـة الأخـرى أو أجهـزة التشـويش على إشارات GPS، مما يُعيق عمل النظام.
- **إشارة ضعيفة في الأماكن المغلقـة:** لا تعمـل إشـارات GPS بشكل جيد داخل المباني، الأنفاق، أو تحت الماء.

2. <u>أنظمة الملاحة الفضائية العالمية الأخرى</u> (GNSS):

لم يعد GPS النظام الوحيـد لتحديـد المواقـع العـالمي. ظهـرت أنظمـة مشـابهة تُعـرف مجتمعـة باسـم **أنظمـة الملاحـة العالميـة عـبر الأقمـار الصـناعية (Global Navigation Satellite**

Systems - GNSS)، والـتي تُعـزز الدقـة وتُـوفر بـدائل للنظـام الأمريكي:

- **GLONASS (روسيا):** نظام روسي مشابه لـ GPS.
- **Galileo (الاتحاد الأوروبي):** نظام مدني حصريًا، يتميز بدقة عالية.
- **BeiDou (الصـين):** نظـام صـيني يخـدم الصـين والمنطقـة الآسيوية ثم توسع ليصبح نظامًا عالميًا.
- **QZSS (اليابان) و IRNSS (الهند):** أنظمة إقليمية تُعزز دقة GPS في مناطقها.

تُمكن الأجهزة الحديثـة من اسـتقبال إشـارات من عـدة أنظمـة GNSS في نفس الوقت، مما يُحسن بشكل كبير من الدقة والموثوقية، خاصـة في المناطق الحضرية أو حيث يكون استقبال إشارة GPS ضعيفًا.

3. <u>التوجهات المستقبلية</u>:

- **تحسـين الدقـة:** الجيـل الجديـد من أقمـار (GPS III) GPS يُبث إشارات أقوى وأكثر مقاومة للتشويش، ويُقدم دقة أفضل.
- **تكامل التقنيات:** دمج GPS مع تقنيات تحديد المواقع الأخرى مثل Wi-Fi، البلوتـوث، وأجهـزة الاستشـعار الداخليـة (المتسـارعات والجيروسكوبات) لتوفير تحديد مواقع أكثر دقة في الأماكن المغلقة.
- **الواقع المعـزز والمركبـات ذاتيـة القيـادة:** يُعـد GPS مكونًـا حيويًـا لتطـوير هـذه التقنيـات المسـتقبلية، حيث يتطلب الأمـر دقـة وموثوقية عالية جدًا.
- **خـدمات تحديـد المواقـع المُعتمـدة على السـياق:** تقـديم معلومات وخدمات مُخصصة بناءً على موقع المستخدم الفعلي.

خاتمة

يُعد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) إنجازًا هندسـيًا وعلميًـا مـذهلاً، غيّر وجه الملاحة، وفتح آفاقًا غير مسبوقة للابتكار في شتى المجـالات. من كونه مشـروعًا عسـكريًا سـريًا، تطـور GPS ليصـبح خدمـة عالميـة مجانية ومُتاحة للجميع، مما أثر بشـكل عميـق على حياتنـا اليوميـة، من

أبسط المهام مثل العثور على مطعم جديـد، إلى أعقـد العمليـات مثـل توجيه المركبات ذاتية القيادة أو مراقبة التغيرات المناخية.

على الـرغم من التحـديات المتعلقـة بالدقـة والتـداخل، فـإن التطـور المسـتمر لأنظمـة GNSS الأخـرى، والابتكـارات في تقنيـات أجهـزة الاسـتقبال، تُشـير إلى مسـتقبل أكـثر دقـة وموثوقيـة لتحديـد المواقـع. سيسـتمر نظـام GPS، إلى جـانب رصـفائه من الأنظمـة العالميـة، في كونه حجر الزاوية للملاحة الحديثة، دافعًـا عجلـة التقـدم في الصـناعات المختلفـة، ومُمكّنًـا للبشـرية من فهم وتحديـد مواقعهـا في هـذا العـالم المعقد بشكل لم يكن ليُصدق قبل بضعة عقود.